

**ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DE PROFUNDIDAD DE
FOTOPOLIMERIZACIÓN ENTRE DIFERENTES MARCAS DE RESINA TIPO
BULK FILL**

**POR: MARTÍN HUDSON HERRANZ
ARTURO IENSEN RUFIN**

**Tesis presentada en la carrera de Odontología de la Facultad de Medicina Clínica
Alemana – Universidad del Desarrollo para optar al Título profesional de
Cirujano- Dentista**

**PROFESOR GUÍA:
Dr. Axel Jara Drago
Especialista en Rehabilitación**

**Noviembre 2017
SANTIAGO**

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro tutor, el Doctor Axel Jara Drago, por su perseverancia y confianza depositada en nosotros.
A la Facultad de Odontología de la Universidad del Desarrollo por darnos la facilidad de llevar a cabo esta investigación
A nuestras familias y amigos por su apoyo.

TABLA DE CONTENIDOS

1. Agradecimientos	i
2. Tabla de contenidos	ii
3. Índice de Tablas	iii
4. Índice de Figuras	iv
5. Resumen	v
6. Introducción	1
7. Marco Teórico	2
8. Hipótesis	18
9. Objetivos	19
10. Materiales y métodos	20
11. Resultados	27
12. Discusión	32
13. Conclusiones	35
14. Referencias	36

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Tipos de lámpara	8
TABLA 2. Resumen de la estadística descriptiva	28
TABLA 3. Comparación entre los valores obtenidos en el estudio y los estipulados por el fabricante	28

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Incrementos de resina dentro del cilindro metálico	22
FIGURA 2. Medición de muestra de resina con micrómetro	23
FIGURA 3. Resina 3M Filtek Bulk Fill	23
FIGURA 4. Resina Ivoclar Tetric N-Flow	24
FIGURA 5. Resina Dentsply SDR Surefil	24
FIGURA 6. Resina Coltene Fill Up!	25
FIGURA 7. Micrómetro Digital Mitutoyo	25
FIGURA 8. Cilindro metálico con perforación 4 mm x 8 mm	26
FIGURA 9. Lámpara de fotocurado VALO Ultradent	26
FIGURA 10. Diagrama Box Plot	29

RESUMEN

Desde la aparición de las resinas compuestas en odontología, se ha trabajado en su desarrollo para mejorar sus propiedades tanto químicas como físicas, con el fin de optimizar los tiempos clínicos y el comportamiento de la restauración. A raíz de esto nació la nueva generación de resinas compuestas denominadas “Bulk Fill” las cuales se caracterizan principalmente por alcanzar profundidades de curado de entre 4-5mm.

El objetivo de este estudio fue comparar la profundidad de fotopolimerización in vitro de las resinas Bulk Fill, con las declaradas por los fabricantes, y entre las distintas marcas.

El estudio se llevó a cabo analizando un total de 26 muestras entre las distintas marcas de resina compuesta tipo Bulk Fill de las marcas 3M (Filtek Bulk Fill), Dentsply (SDR Surefil), Coltene (Fill-Up!) e Ivoclar (Tetric N-Flow). Se midió la profundidad de fotocurado mediante la estandarización ISO 4049 de resinas compuestas, y se compararon los resultados con la profundidad que establecían sus respectivos fabricantes, al igual que los resultados entre las distintas marcas.

La resina compuesta Fill-Up! de Coltene se excluyó del análisis debido a presentar polimerización dual y no ser comparable con las otras resinas.

La profundidad de fotopolimerización promedio de la resina 3M (Filtek Bulk Fill) fue de 3.58 mm, Dentsply (SDR Surefil) 3.64 mm y e Ivoclar (Tetric N-Flow) 3.83 mm.

El estudio in vitro reveló que ninguna de las profundidades de fotopolimerización se condice con lo postulado por su fabricante, sin embargo, el análisis estadístico determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre la resina del laboratorio Ivoclar, y las resinas 3M y Dentsply, siendo Ivoclar la que presentó mayor profundidad de fotopolimerización.

Por lo tanto, se concluye que ninguna de las tres resinas en el estudio logra polimerizar a la profundidad estipulada por sus fabricantes.

INTRODUCCIÓN

En el mundo actual, la odontología restauradora está cada vez más exigente y demandante en cuanto a estética y funcionalidad por parte de los materiales utilizados. Por esta razón, las resinas compuestas se han transformado en el material de preferencia entre los odontólogos por su aceptable plasticidad para la operatoria directa, alta estética y capacidad de adhesión a la preparación cavitaria.

Esta preferencia, ha llevado a este material a estar en constante evolución y desarrollo en cuanto a sus falencias en términos de resistencia mecánica, filtración marginal, contracción de polimerización y tiempos clínicos, dando como resultado la nueva generación de resinas compuestas denominadas “Bulk Fill”. Según sus diversos fabricantes, pueden ser empleadas en incrementos de hasta 4-5mm, la característica más importante dentro de las mejoras en la experiencia para el paciente y el operador.

En base a que este material es relativamente nuevo y aún faltan estudios a largo plazo para evaluar sus propiedades, como lo es la aumentada profundidad de fotocurado, esta investigación busca comparar la profundidad de fotopolimerización de las distintas resinas, y aquellas postuladas por los diferentes fabricantes, con un estudio in vitro. De esta manera, podremos poner en evidencia qué fabricante se aproxima más a su profundidad establecida, y comparar los resultados entre los diferentes fabricantes incluidos en la investigación.

MARCO TEÓRICO

Composición de las Resinas Compuestas

Fase Orgánica: Está formada por moléculas monoméricas, un sistema iniciador de polimerización, y elementos estabilizadores que evitan la polimerización espontánea de los monómeros. La matriz consiste principalmente en Bis-GMA (Bisfenol-A-Glicidyldimetacrilato) que, dado a su viscosidad, este debe ser mezclado con distintos monómeros de cadenas cortas y menor peso molecular conocidos como diluyentes, tales como el TEGDMA (trietilenglycol-Dimetacrilato) y el UDMA (dimetacrilato de Uretano). Entre menor sea el contenido de Bis-GMA y mayor el de TEGDMA, mayor será la contracción de polimerización, además, disminuye la resistencia flexural del material. (Zimmerli B., 2010) Teniendo en cuenta que a menor peso molecular del monómero utilizado, mayor será la contracción volumétrica de la resina, la incorporación de monómeros diluyentes debe ser limitada, ya que reducir el peso molecular promedio refleja un aumento en la magnitud de la contracción de polimerización de la matriz, condicionando la aparición de brechas en la interface (Aaron D. y cols., 2007).

Fase Inorgánica: Consiste en partículas inorgánicas de cuarzo o sílice incorporadas de forma dispersa en la fase orgánica. Su propósito es reforzar la matriz, dado que a mayor contenido de éstas partículas, la contracción de polimerización, el coeficiente de expansión dimensional térmico, y la absorción de agua se reducen. Por otro lado, al incrementar el contenido inorgánico, la resistencia compresiva, la resistencia al desgaste, el módulo de elasticidad y la radiopacidad aumentan. (Zimmerli B., 2010) Las partículas de relleno empleadas en las formulaciones originales provenían de la trituración del cuarzo obteniendo un tamaño fluctuante entre 0,1 y 100 micrómetros (μm). Hoy en día la mayoría de las resinas compuestas contienen una mezcla de partículas de tamaño coloidal junto a otras de mayor tamaño, mejorando las propiedades físicas y mecánicas, y facilitando la manipulación y aplicación del material en la preparación cavitaria (Phillips RW., 2004).

Agente de Enlace: Es el encargado de realizar la unión estable entre el relleno inorgánico y la matriz orgánica, lo cual influye en las propiedades del material. La calidad de esta unión afecta la resistencia abrasiva del material. Las moléculas de este agente tienen un grupo silano en un extremo y un grupo metacrilato en el otro extremo, pudiendo así unir ambas fases entre sí (Zimmerli B, 2010). Estas moléculas bifuncionales cubren al sustrato inorgánico, generando enlaces iónicos con éste, mientras que genera enlaces covalentes con la superficie orgánica, uniendo químicamente ambas fases, otorgándole cohesión al material (Peutzfeldt, A., 1997).

Sistema Activador-Iniciador: El proceso de polimerización de las resinas compuestas comienza cuando los monómeros reaccionan con un agente iniciador que reacciona frente a un estímulo, el cual puede ser generado por calor, por una reacción química o mediante la acción de luz, lo que genera un radical libre que se une con una molécula de carbono de unión doble del monómero, convirtiendo así al monómero en un nuevo radical libre que reacciona con otros generando una reacción en cadena (O'brien W, 2002). En las resinas compuestas activadas por luz visible, el componente iniciador son las dicetonas, como por ejemplo la canforquinona (CQ), que está presente en una cantidad de entre 0.2% al 0.6% y son utilizadas en combinación de una amina orgánica terciaria no aromática, presente en cantidades de 0.1% o menor. La dicetona absorbe la luz en un rango de 420 a 470 nm., que es la longitud de onda que produce un estado de activación y que al combinarse con la amina orgánica, produce radicales libres que inician la polimerización (Carrillo C y Monroy A, 2009).

Sistemas inhibidores y estabilizadores: Los inhibidores son compuestos incluidos para prevenir la polimerización prematura de la resina. Corresponden a elementos que tienen un fuerte potencial de reacción con los radicales libres. Su finalidad es minimizar o evitar la polimerización espontánea de los monómeros. Cuando se ha formado un radical libre, el inhibidor reacciona con él impidiendo la reacción en cadena y con ello, que se produzca la polimerización. Una vez que todos los inhibidores se hayan consumido, se desencadenará la reacción, lo que permite además el tiempo de trabajo útil del composite. Los componentes más comúnmente utilizados para este fin son: 4-metoxifenol (PMP), 2,4,6-Terciarbutil fenol (BHT) y son generalmente utilizados en

cantidades del 0,1%. El inhibidor más utilizado es el BHT, porque puede proporcionar restauraciones con resultados más satisfactorios por tener una estabilidad de color más aceptable (Carrillo C y Monroy A, 2009).

Modificadores ópticos: Corresponden a distintos tipos de pigmentos que son utilizados en las resinas compuestas para otorgarles propiedades ópticas (tono y translucidez) similares a la estructura dentaria. Estos pigmentos se obtienen utilizando partículas de óxidos metálicos y actúan modificando la transmisión de los rayos de luz (Phillips RW, 2004).

Fotopolimerización

El proceso de polimerización es una reacción química que consiste en la adición sucesiva de monómeros hasta formar una molécula de mayor peso molecular llamada polímero. Para que esta reacción se produzca, los monómeros deben ser activados a través de un agente iniciador (Peutzfeld A, 1997). Cuando dos o más monómeros diferentes reaccionan para formar un polímero, este material es conocido como un copolímero y sus propiedades físicas no solo estarán relacionadas a los monómeros, sino que también a la unión de ellos (Phillips RW, 2004).

Proceso de polimerización, consta de 3 etapas:

1. **Iniciación:** El agente iniciador se energiza y activa, transformándose en un radical libre. Este le brinda energía al sistema, la cual es transmitida a los monómeros permitiendo la ruptura de un doble enlace de carbono (C=C) presente en su estructura. Con esto el monómero se une al radical libre a través de un enlace covalente, formando una nueva molécula que constituye un nuevo radical libre, capaz de continuar la propagación de la reacción (Phillips RW, 2004).

2. **Propagación:** es una reacción en cadena hasta que se agota el monómero.

3. **Terminación:** corresponde a la unión de dos radicales libres, resultando en la unión de una cadena larga o también de que exista la posibilidad de la formación de dos cadenas individuales, una con una unión doble y la otra saturada. La primera es la más deseada que se forme en las resinas compuestas y a la última se le conoce como terminación desproporcionada (Hervas A, y Cols., 2006).

El proceso de polimerización se puede iniciar mediante 4 maneras diferentes:

1. **Calor:** En los sistemas activados por calor, el compuesto orgánico peróxido de benzoílo se separa al ser expuesto al calor para formar radicales libres y comenzar la reacción (Carrillo C y Monroy A, 2009).

2. Química (Autopolimerización): En los activados químicamente, una amina terciaria es la que actúa como un donador de electrones y es utilizada para separar el peróxido benzoico en radicales libres (Carrillo C y Monroy A, 2009).
3. Luz UV: En los sistemas activados por luz UV, la fuente de irradiación a 365 nm. irradia a una molécula de éter metil benzoico que está presente en cantidades de 0,2% y lo transforma en radicales libres sin requerir de la presencia de aminas terciarias.
4. Luz Visible: En los sistemas activados por luz UV, la fuente de irradiación a 365 nm. irradia a una molécula de éter metil benzoico que está presente en cantidades de 0,2% y lo transforma en radicales libres sin requerir de la presencia de aminas terciarias. En los sistemas activados por luz visible, una fuente de luz de entre 420 a 470 nm., excita a una molécula de canforquinona. Cuando la canforquinona es excitada, ésta reacciona con la amina terciaria y empieza la formación de radicales libres dando inicio al proceso de polimerización (Carrillo C y Monroy A, 2009).

Con el pasar de los años, las resinas han evolucionado, y con sus cambios, también ha llegado la incorporación de nuevos fotoiniciadores a la composición de estas, como el TPO Lucerín y Fenilpropanodiona (PPD), los cuales emplean el mismo mecanismo de acción que la canforquinona, pero son activados a diferentes longitudes

de onda (380-430nm). El objetivo de estos nuevos fotoiniciadores es imitar el color del diente en zonas más translúcidas en comparación a la canforquinona que es un compuesto de color amarillo.

Las fuentes de luz visible pueden clasificarse de acuerdo a la forma en la cual emiten la luz, lo cual modificará la longitud de onda emitida.

TABLA 1. Tipos de Lámpara

Lámpara	Fuente de Luz	Long. de Onda
Halógena	Luz incandescente	360 a 500 nm
Plasma	De arco, xenón	460 a 480 nm
Láser	Argón diodo	488 a 904 nm
LED	Diodos emisores de luz	450 a 480 nm

Para efectos de la fotopolimerización efectuada con lámparas de fotocurado es importante conocer algunos conceptos:

Irradiancia: Es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente, expresada en mW, por unidad de superficie, expresada en cm², para todo tipo de radiación electromagnética. Según la norma ISO 4049, el análisis de fotopolimerización

se debe efectuar con una irradiancia de 1000mW/cm² con el fin de estandarizar los procesos de polimerización entre las diferentes resinas estudiadas.

La luz es un tipo de radiación electromagnética que puede ser visible por el ojo humano y que tiene diferentes propiedades. Para efectos de este estudio, las propiedades que nos interesan son; intensidad, dirección y longitud de onda de la luz. En cuanto a intensidad se recomienda usar lámparas de fotocurado con una potencia no menor a 1000mW para asegurar una fotopolimerización óptima de la resina. Para la longitud de onda es importante saber en qué rangos el fotoactivador de la resina reacciona para iniciar la polimerización como se ha descrito anteriormente. Y por último la dirección de los haces de luz en la superficie incidente otorga una irradiancia más homogénea. Para lograr haces de luz con direcciones paralelas es necesario el uso de un colimador, dispositivo generalmente constituido por lentes y diafragmas, que paraleliza los rayos resultantes al eje central del haz de luz (Frederick A. Rueggerberg, 2011).

La energía total expresada en Joules es dependiente de la irradiancia de la lámpara de fotocurado, el tiempo de curado y la superficie irradiada.

Un ángulo de 90° de la dirección de la luz en relación a la superficie a polimerizar es crítico al momento de lograr que la luz penetre en la resina.

Actualmente la fuente de luz visible de preferencia para la polimerización de resinas compuestas es la luz emitida por lámparas LED, las cuales han sido mejoradas en

distintos aspectos durante el tiempo, lo que nos permite clasificarlas en 3 diferentes generaciones.

1ra Generación

Estos primeros dispositivos a diferencia de las otras lámparas, son inalámbricas, son más eficientes, de mayor vida útil, de peso ligero y con diseños que van desde forma de lápiz o de pistola clásico. Se caracteriza por tener en la punta de emisión diodos (dispositivo electrónico de 2 electrodos por donde circula la corriente en un solo sentido) pequeños que emiten luz azul a un rango específico de longitud de onda. Cada LED individual de 5 mm proporciona 30 - 60 mW/cm² en un foco axial o planar, distribuidos de tal forma en que la suma de todos los LED combinados son suficientes para proporcionar la energía necesaria para activar la canforquinona. A pesar de que estas lámparas LED emitían la intensidad suficiente para activación de la canforquinona (450 – 470 mW/cm²), no lograban ser más eficientes que las lámparas populares de la época (Halógenas) dado a que su energía total no era suficiente para lograr una polimerización completa en poco tiempo, como lo eran las halógenas (Frederick A. Rueggerberg, 2011).

2da Generación

Los avances en la industria de lámparas dentales LED en la década del 2000 condujeron a la capacidad de colocar múltiples diodos en un solo LED Individual, lo que aumenta en gran medida la producción de luz en general. Los fabricantes de lámparas

dentales incorporaron nuevos chips de 5 Watts en lámparas de polimerización, el desarrollo de lo que se conoce como lámparas LED segunda generación. La característica principal de estas unidades es el gran aumento de la potencia de salida respecto a las de primera generación, con un chip de 5 Watts equivalente a 10 - 20 chips de las LED de primera generación. El resultado de este cambio se traducía a una salida de 600 mW/cm² de intensidad. Con estas mejoras, la segunda generación LED fue capaz de superar a las lámparas halógenas Cuarzo-Tungsteno logrando tiempos de exposición más cortos.

La desventaja más importante de estas lámparas es que sólo emiten luz azul en un rango específico de longitud de onda por lo que no activa los fotoiniciadores más modernos (Frederick A. Rueggerberg, 2011).

3ra Generación

A fin de permitir la polimerización de resinas compuestas que no utilizan solamente canforquinona como fotoiniciador, sino que además pueden incluir Fenilpropanodiona (PPD) o Lucerin, los fabricantes recurrieron a proporcionar conjuntos de chips que emiten más de una longitud de onda. Adicionalmente a los diodos azules, se incluyeron diodos violetas que emiten una menor longitud de onda. De este modo, mediante la combinación de la salida de estas dos longitudes de onda, se proporciona una luz eficaz no sólo para canforquinona, sino también para el conjunto alternativo de fotoiniciadores. Por lo general estas unidades funcionan mediante baterías

de Iones de Litio (LiMH) dándole a esta generación una vida útil más larga (Frederick A. Rueggerberg. 2011).

La lámpara utilizada en esta investigación fue VALO de Ultradent, la cual es una lámpara LED de tercera generación “multiwave” que consta de cuatro chips LED de polimerización con un rango de 395nm a 480nm, por lo que polimeriza efectivamente todos los composites. Tiene reflectores recubiertos de rodio que aseguran una mejor colimación de la luz, y un lente interno de vidrio que no decolora afectando la transmisión, ni provoca generación de calor por reflexión, lo cual hace que la lámpara mantenga una irradiancia regular, dependiendo del modo de curado que hayamos seleccionado en la lámpara. VALO pierde aproximadamente el 40% de su energía a los 10mm, mientras que la mayoría de las lámparas pierden un 60% a 80% de su energía a los 10mm.

Profundidad de Curado

La profundidad de curado se define como la cantidad de resina compuesta que se polimeriza al incidir la luz de una lámpara de fotocurado con una intensidad promedio de 460 mW/cm² en un tiempo determinado. Para que se lleve a cabo esta reacción, es necesario que la longitud de onda de la luz visible azul, active los fotoiniciadores presentes en la resina. La profundidad de curado está limitada por la absorción de la luz y la dispersión de ésta por el material restaurador. (Flury S, 2012)

La energía de la luz emitida desde una unidad de fotopolimerización disminuye drásticamente cuando se transmite a través de la resina compuesta o algún otro cuerpo, lo que lleva a una disminución gradual en la tasa de conversión de monómero a polímero (grado de conversión), esto deja monómeros libres que pueden conducir a un fallo prematuro de la restauración (Frederick A. Rueggerberg. 2011).

Para aumentar la profundidad de curado y evitar esta complicación, los laboratorios han modificado de diferentes maneras sus resinas compuestas, ya sea:

- Modificando el tamaño de las partículas de relleno
- Incrementando el espectro de absorción de luz y su reacción de polimerización modificando los fotoiniciadores.
- Aumentando la translucidez (capacidad de dejar pasar la luz) del composite.

Siendo estas últimas dos, las más incidentes sobre la profundidad de curado (Mahn E).

Existen 2 métodos estandarizados para medir la profundidad de curado indirectamente. Por un lado, se puede utilizar el método de micro-dureza Knoop el cual a grandes rasgos, consiste en medir la dureza a diferentes profundidades de la columna de resina. La profundidad en la resina donde el valor de dureza es un 80% comparado con la dureza de la superficie es donde se limita la profundidad de curado de la resina (90% de grado de conversión).

Por otro lado, se puede utilizar el método de raspado descrito para resinas compuestas por la ISO 4049, el cual remueve la resina no polimerizada raspándola con

una espátula y luego mide la altura del remanente de la columna de resina y lo divide por 2 dando como resultado la profundidad de curado. Como requisito, la norma ISO 4049 establece que la mínima profundidad de curado de una resina debe ser de 1.5 mm, y exige que esta profundidad no difiera más de 0.5mm de lo que establece el fabricante. Lo importante entre estos 2 métodos de estudio es que los resultados son altamente dependientes del material utilizado.

Bulk Fill

Al momento de elegir la resina compuesta como material restaurador, la técnica recomendada es la técnica incremental, que dependiendo de la situación, puede llegar a demandar mucho tiempo clínico, por lo cual, los fabricantes de materiales dentales buscando la manera de simplificar las cosas, crearon una resina compuesta que puede, bajo ciertas condiciones, ser aplicada en un solo incremento de hasta 5 mm, llamadas Bulk Fill.

Las resinas Bulk Fill, son materiales de restauración dental derivadas de las resinas convencionales, las cuales por la modificación en su matriz con dimetacrilato de uretano (UDMA) y el aumento de su translucidez, tienen una mayor profundidad de polimerización, menor contracción de polimerización y provocan menor deflexión cusplídea que su predecesora. Según investigadores, el hecho de que las resinas Bulk Fill puedan aplicarse en incrementos de 4-5mm sin alterar sus propiedades físicas, sumado a

sus otras ventajas, convierte a esta nueva generación de resinas en un material ideal que busca reducir los tiempos operatorios y mejorar la experiencia clínica de paciente - Odontólogo.

FILLTEK BULK FILL 3M ®

Para manejar la contracción de polimerización y stress producido por esta, se han incorporado 2 nuevos componentes a la resina.

- AFM: monómero por adición/fragmentación. Esta resina, durante la polimerización, el grupo central de monómeros polimerizados se fragmenta liberando estrés (fragmentación). Los fragmentos sueltos se pueden re-polimerizar en un estado de estrés menor (adición), al mismo tiempo que se mantienen las propiedades físicas del polímero.
- AUDMA: dimetacrilato uretano aromático de alto peso molecular. Es un monómero de cadena más larga que usualmente se encuentra en los tradicionales monómeros de dimetacrilatos. Al ser de cadena larga, este limita el número de zonas donde se podría producir stress de contracción, ya que ocupa más espacio que los demás monómeros involucrados en la polimerización de la resina.

Estas resinas al ser nanorrellenadas poseen gran fuerza, resistencia al desgaste y excelente pulido.

TETRIC N-Flow Bulk Fill Ivoclar®

La profundidad de polimerización de 4mm es posible gracias al nuevo fotoiniciador patentado Ivocerin. Este es un potenciador de la polimerización, en base al compuesto químico Germanio, mucho más reactivo que los iniciadores convencionales ya que posee una intensa absorción en el rango de luz visible. La translucidez, la forma y la profundidad de polimerización no se ven comprometidas, como ocurre en el caso de los fotoiniciadores convencionales. Es necesario mantener este material protegido de la luz ambiental debido a su alta reactividad.

Fill-Up! Coltene BULK FILL®

Independiente del grosor de capa que se aplique, gracias a las características de fotopolimerización y polimerización química de Fill-Up! (polimerización dual), queda garantizada su polimerización completa. Para que esto se lleve a cabo es necesario utilizar un sistema adhesivo en conjunto ya sea ParaBond (autograbante) o ONE COAT 7 UNIVERSAL (monocomponente). Mientras la luz polimeriza las capas externas de la resina, el adhesivo polimeriza las capas internas mejorando el sellado marginal y evitando filtraciones y caries secundarias. Las resinas que son fotopolimerizadas experimentan elevadas fuerzas de contracción. Sin embargo, la polimerización química busca evitar este stress de contracción de polimerización.

SureFil SDR flow+ DENTSPLY SIRONA®

Con la tecnología SDR (resina de stress reducido), se incorporó químicamente un "modulador de polimerización" en la matriz orgánica de resina SureFill SDR flow+. El "Modulador de Polimerización" reduce la acumulación de tensión tras la polimerización sin una reducción en la velocidad de polimerización o grado de conversión del monómero. Mediante el uso del modulador de polimerización, la resina SDR forma una red más relajada y proporciona una tensión de polimerización significativamente menor que cualquier otra resina convencional. Este modulador es capaz de aumentar la fluidez de la resina y por ende disminuir la viscosidad de esta traduciéndose en una mejor adaptación a los márgenes de la preparación sin comprometer el stress de contracción de polimerización.

HIPÓTESIS

Hipótesis Nula

Lo que indican los fabricantes sobre la profundidad de fotopolimerización de las resinas tipo Bulk Fill, no son similares a los obtenidos en el estudio in vitro.

OBJETIVOS

Objetivo General

Comparar la profundidad de fotopolimerización in vitro de las resinas Bulk Fill con la que declaran los diferentes fabricantes.

Objetivos Específicos

1. Determinar la profundidad de fotopolimerización de las diferentes marcas comerciales de resina tipo Bulk Fill, mediante el método de medición establecido por la ISO 4049.
2. Determinar cuál marca comercial se aproxima más al valor de profundidad de fotopolimerización declarada por su fabricante.
3. Determinar cuál marca comercial se aleja más al valor de profundidad de fotopolimerización declarada por su fabricante.
4. Comparar los resultados entre las distintas marcas comerciales de resinas Bulk Fill, y determinar cuáles de ellas, a partir de este estudio, se corresponden con la profundidad declarada para ser clasificada como Bulk Fill.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio experimental in vitro, donde se evaluaron resinas compuestas de tipo Bulk Fill disponibles en el mercado nacional: Filtek Bulk Fill de 3M, Tetric N-Flow de Ivoclar, SDR Surefil de Dentsply y Fill-Up! de Coltene.

Variables a Evaluar

Resinas Bulk Fill de distintas marcas: Se evaluaron 4 marcas que fabrican resinas tipo Bulk Fill: 3M, Dentsply, Ivoclar y Coltene. Estas son variables independientes cualitativas nominales.

Profundidad de Fotopolimerización: La profundidad de curado se define como la cantidad de resina compuesta que se polimeriza al incidir la luz de una lámpara de fotocurado con una intensidad promedio de 460 mW/cm² en un tiempo determinado. Esta profundidad se mide en milímetros, y es una variable dependiente cuantitativa continua.

Metodología

Se evaluó la profundidad de fotopolimerización de 4 marcas diferentes de resina tipo Bulk Fill. El estudio se realizó en el laboratorio de Biomateriales, ubicado en el piso -1 de la Clínica UDD en la Florida. Para llevar a cabo este estudio, se utilizó la estandarización para resinas compuestas ISO 4049 la cual establece los diferentes parámetros para evaluar las propiedades de materiales de restauración. Los materiales que se utilizaron fueron: un cilindro metálico que en su centro tiene una cavidad cilíndrica de 8mm de profundidad por 4mm de diámetro de piso plano. Lámpara de fotocurado VALO Ultradent (1000Mw/cm²), un portaobjetos y película transparente.

Procedimiento

Antes de comenzar el experimento, los alumnos participantes fueron calibrados adecuadamente por un experto del área, explicándoles cuidadosamente cómo aplicar cada paso del experimento como lo indica el método ISO 4049.

En primera instancia se rellenó completamente la cavidad del cilindro metálico armado con la resina compuesta. Sobre la resina compuesta, se colocó una lámina de celuloide, y sobre esta un porta objetos de vidrio de 0.3 mm de grosor, el cual se presionó levemente por 3 segundos para permitir que el material fluyera y se adaptara a la forma de la cavidad.

Se colocó la Lámpara VALO de Ultradent® en contacto íntimo con el porta objetos, y se polimerizó por 10 segundos a 1.000 mW/cm².

Luego se retiró el porta objetos, la lámina de celuloide, y se desarmó el cilindro metálico. Se retiró la muestra de resina compuesta del cilindro y se raspó la parte inferior de la muestra, para retirar el material sin fotopolimerizar con una espátula plástica,

Una vez retirado todo el material sin polimerizar, se midió la muestra con el micrómetro digital y se registraron los datos en una planilla Excel.

La medida obtenida con el micrómetro con una precisión de 0.001 mm, se debe dividir en dos como lo establece la ISO, este nuevo valor obtenido fue registrado como la profundidad de curado



(a) 3M



(b) Dentsply



(c) Ivoclar

FIGURA 1. Incrementos de resina dentro del cilindro metálico.



FIGURA 2. Medición de una muestra de resina compuesta con micrómetro

Materiales



FIGURA 3. Resina 3M Filtek Bulk Fill

1 jeringa de 4 g, color A2



FIGURA 4. Resina Ivoclar Tetric N-Flow

1 jeringa de 2 g color ivA



FIGURA 5. Resina Dentsply SDR Surefil

7 jeringas de 0.5 g color Universal Shade



FIGURA 6. Resina Coltene Fill-Up!
1 jeringa de 4.5 g color Universal Shade



FIGURA 7. Micrómetro Digital Mitutoyo 0-25mm 0.001mm



FIGURA 8. Cilindro metálico con perforación de 4mm x 8mm



FIGURA 9. Lámpara de fotocurado VALO Ultradent.

Método de Análisis

Los datos obtenidos fueron ingresados en una planilla Excel, desde donde fueron exportados y codificados en el software estadístico “Stata 12”.

Se calculó el promedio y la desviación estándar de las profundidades de fotopolimerización in vitro para cada marca de resina distinta (3M, SDR e Ivoclar).

Se utilizó el método de análisis T-Student para comparar los promedios obtenidos de profundidad de fotopolimerización de las tres marcas de resina con los datos establecidos por sus fabricantes (coincidente 4 mm para cada marca).

Para saber si los datos eran de distribución normal, se aplicó un test de Shapiro–Wilk W. Luego, se compararon los resultados de las diferentes marcas, utilizando el método de análisis ANOVA y post hoc Bonferroni y Scheffe.

Fuente de Financiamiento

Este estudio se financió gracias al aporte de las marcas de resinas compuestas, y los fondos facilitados por la Universidad del Desarrollo.

RESULTADOS

Estadística Descriptiva

Los datos obtenidos en el estudio se resumen en la tabla 2.

TABLA 2. Resumen de la estadística descriptiva de profundidad de fotopolimerización.

Fabricante	Promedio	Desviación Estándar	Valor Mínimo	Valor Máximo	Tamaño de Muestra
3M	3.58 mm	0.05	3.49 mm	3.66 mm	11
Dentsply	3.64 mm	0.11	3.55 mm	3.82 mm	7
Ivoclar	3.83 mm	0.02	3.79 mm	3.87 mm	8

TABLA 3. Comparación entre los valores obtenidos en el estudio y los estipulados por el fabricante

Fabricante	Valores según fabricante	Valores obtenidos in vitro
	Promedio	Promedio
3M	4 mm	3.58 mm
Dentsply	4 mm	3.64 mm
Ivoclar	4 mm	3.83 mm

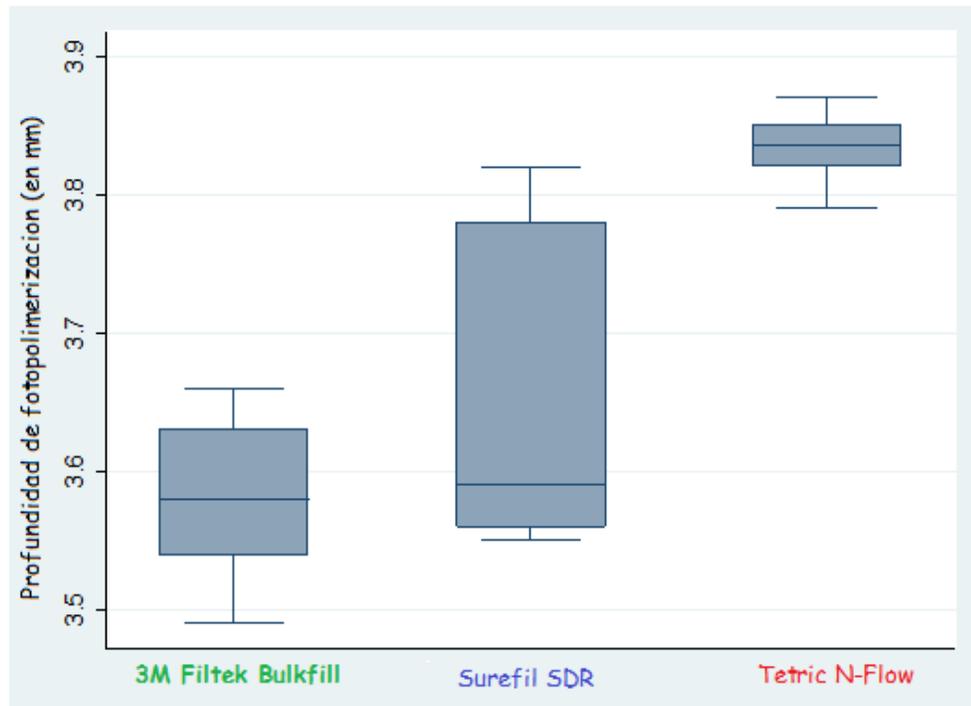


FIGURA 10. Diagrama Box Plot

Profundidad de fotopolimerización (en mm)

El diagrama de boxplot simplificado (Figura 10), permite observar el comportamiento de las 3 resinas en cuanto a profundidad de fotopolimerización. Se observa que la resina con mejor comportamiento es la Tetric N-Flow de Ivoclar y luego las resinas de 3M y Dentsply tienen un comportamiento similar en cuanto al promedio de profundidad de fotopolimerización entre ellas.

Analizando específicamente el diagrama, se puede ver que la resina Surefill SDR es la que tiene las muestras distribuidas más aleatoriamente y que los datos se concentran en el Q_2 y Q_3 (50%). También se observa que la muestra con valor máximo se escapa bastante del promedio.

En la prueba T-student, se obtuvo que el P-valor fue menor a 0.05, por lo que la diferencia entre las profundidades de fotopolimerización entre las marcas y sus catálogos respectivos son estadísticamente significativas.

Para saber si los datos son de distribución normal, se aplicó un test de Shapiro–Wilk W. El test reveló que los datos no son de distribución normal (no paramétricos). En este caso, se aplicó el test ANOVA. Luego se aplicó un test post hoc de Bonferroni y Scheffe para hacer comparaciones múltiples del promedio de las profundidades de fotopolimerización entre las marcas.

En el test de ANOVA, Los p-valores obtenidos son menores a 0.01, por lo que se concluye que las muestras son distintas, es decir, existen diferencias significativas en la profundidad de fotocurado entre las diferentes marcas de composites tipo Bulk fill.

En el test post hoc Bonferroni Scheffe, los p-valores obtenidos son menores a 0.01 entre la resina Tetric N-Flow de Ivoclar respecto a 3M Filtek Bulk fill y SDR Surefil de Dentsply. Esto quiere decir que la resina de Ivoclar tiene diferencias estadísticas significativas en cuanto a profundidad de fotopolimerización con las otras marcas.

En cuanto a las profundidades de fotopolimerización (representadas en la tabla 3) estipuladas por los fabricantes de cada resina, comparado con los valores obtenidos en el estudio, se observó que estos no eran coincidentes. Sin embargo, ninguno promedió bajo los 0.5 mm que establece la norma ISO 4049, por lo que están dentro de la norma.

DISCUSIÓN

Las resinas Bulk Fill fueron ideadas con el propósito de simplificar la técnica y reducir los tiempos operatorios aumentando la fotopolimerización a incrementos de 4mm. Sin embargo, se generan muchas interrogantes respecto al desempeño de estas resinas. En cuanto a este estudio, se realizó en condiciones óptimas estandarizadas por la norma ISO 4049 y que difícilmente se pueden extrapolar a la clínica ya que se presentan variables que dificultan y condicionan la fotopolimerización como es la distancia de la lámpara, manejo de la humedad, angulación de los haces de luz de la lámpara, irradiancia, anatomía dentaria, etc dando como resultado restauraciones de mala calidad y que pueden generar sensibilidad post operatoria, injuria pulpar y fracaso de la restauración.

A pesar de utilizar la lámpara VALO LED de 3^a generación con una intensidad de 1000mW/cm² en condiciones óptimas, ninguna de las resinas fue capaz de alcanzar la profundidad de fotopolimerización estipulada por los fabricantes.

Aun cuando los fabricantes de las resinas Bulk Fill coinciden y estipulan que fotopolimerizan a 4 mm de profundidad, existen diferencias químicas en sus compuestos que las hacen ser diferentes unas de otras y fotopolimerizar a diferentes profundidades.

Este estudio arrojó que Tetric N-Flow de Ivoclar fotopolimeriza a mayor profundidad que 3M y SDR Dentsply. ¿A qué se debe esto? Probablemente el uso de un fotoiniciador diferente como lo es el Ivocerin, que reacciona a una longitud de onda más

amplia, tiene mayores efectos en la profundidad de fotopolimerización que la modificación de los monómeros o de la estructura orgánica.

Entre la resina de 3M Filtek Bulk fill no fluida y Surefil SDR fluida obtuvieron resultados similares sin diferencias significativas en este estudio por lo que se concluye que el hecho de ser fluida o no fluida no interfiere en la profundidad de fotopolimerización.

La resina Fill-Up! de Coltene fue descartada en los resultados del estudio ya que esta posee polimerización dual y no es comparable con las demás resinas de fotopolimerización. Sin embargo, fue analizada de igual manera según el método ISO 4049. Las profundidades de fotopolimerización que esta arrojó promediaban los 2mm. Esto quiere decir que la luz no es determinante en la polimerización total de esta resina y que es necesario seguir las órdenes del fabricante para lograr una correcta polimerización del incremento.

El color utilizado para cada resina no fue analizado en este estudio, pero si podría llegar a tener algún efecto en la profundidad de fotopolimerización por lo que se deben hacer más estudios para llegar a una conclusión.

Limitaciones Del Estudio

El método utilizado en este estudio (Norma ISO 4049) es operador dependiente y tiende a sobreestimar la profundidad de fotopolimerización respecto al método de dureza Vickers o Knoop.

Se utilizó una cantidad de muestras muy pequeña debido a la poca disponibilidad de jeringas de resina con la que se contaba para realizar el estudio.

CONCLUSIONES

1. Las 3 resinas estudiadas fotopolimerizan a menor profundidad que la que esta estipulada en sus catálogos.
2. La resina que fotopolimeriza a mayor profundidad es la resina Tetric N-Flow de Ivoclar.
3. La resina que fotopolimeriza a menor profundidad es la Filtek Bulk fill de 3M.
4. La resina de 3M y de Dentsply tienen una profundidad promedio de fotopolimerización similar.

REFERENCIAS

International Organization for Standardization. ISO 4049:2009. Dentistry -- Polymer based restorative materials.

Carrillo C, Monroy A. "Materiales de resinas compuestas y su Polimerización". ADM, 2009. Vol. 65, Issue 4.

Frederick A. Rueggerberg. "State-of-the-art: Dental Photocuring-A review". Dental materials, School of Dentistry, Medical college of Georgia. 2011

Hervas A y cols. "Composite resins. A review of the materials and clinical indications." Med Oral Patol Oral Cir Bucal 2006. Volume 11

Mahn E. "Cambiando el Paradigma en la Aplicación de Composites Tetric EvoCeram Bulk Fill" Edicion especial Ivoclar Vivadent. Santiago de Chile

O'Brien W. "Dental materials and their selection. Polymeric restorative materials". Quintessence Publishing Co., 2002.

Peutzfeld A. "Resin Composite in Dentistry: The monomer systems". European Journal of Oral Sciences. 1997, Volume 105

Phillips RW. "La Ciencia de los Materiales Dentales". Undécima Edición. Elsevier España S.A. Madrid. 2004.

Simon Flury, Stefanie Hayozb, Anne Peutzfeldta, Jürg Hüslerb, Adrian Lussia. (2017, mayo, 05). Depth of cure of resin composites: Is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials?. 2017, mayo, 06, de ScienceDirect

Van Ende A, De Munck J, Van Landuyt K, Van Meerbeek B. Effect of bulk-filling on the bonding efficacy in occlusal Class I cavities. *J Adhes Dent* 2016;18:119-124.

Van Ende A, De Munck J, Lise DP, Van Meerbeek B.. (2017, abril, 25). Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature.. 2017, mayo, 05, de Pubmed.

Zimmerli B. Y cols. "Composite materials: composition, properties and clinical applications. A literature review." *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 2010. Volume 120, Issue 11